実験トランジスタ・アンプ設計講座

黒田 徹

●実用技術編

第10章　回路シミュレータSPICE入門（31）

クロスシャントPPの欠点

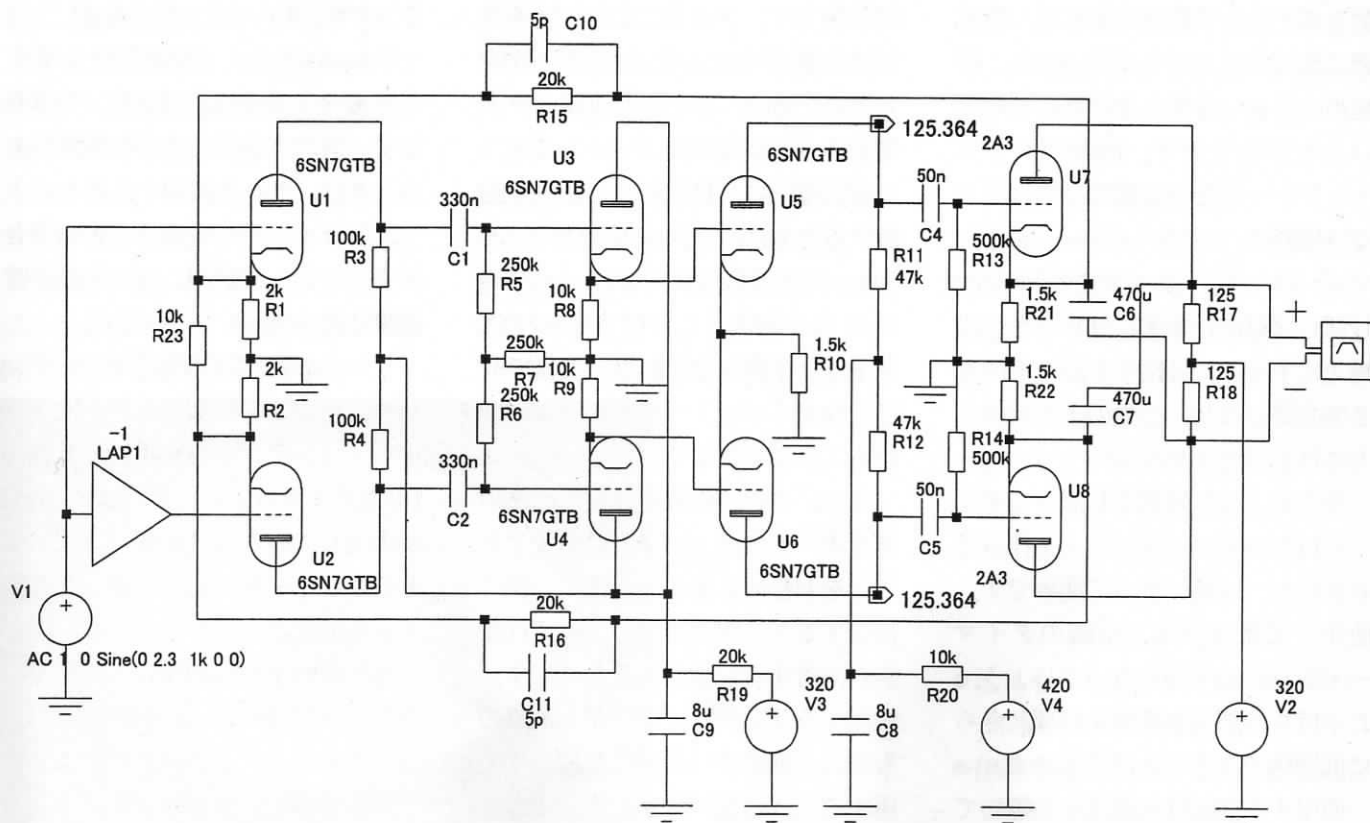
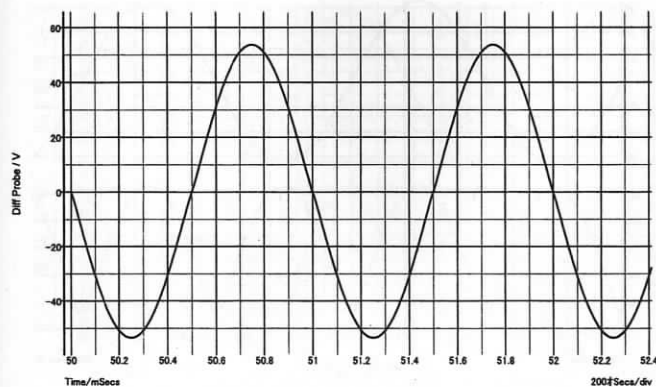
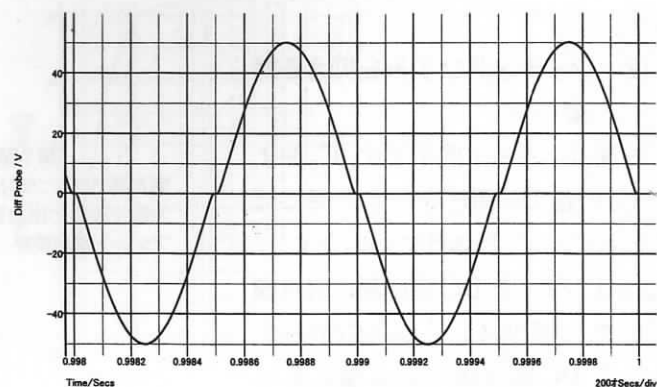
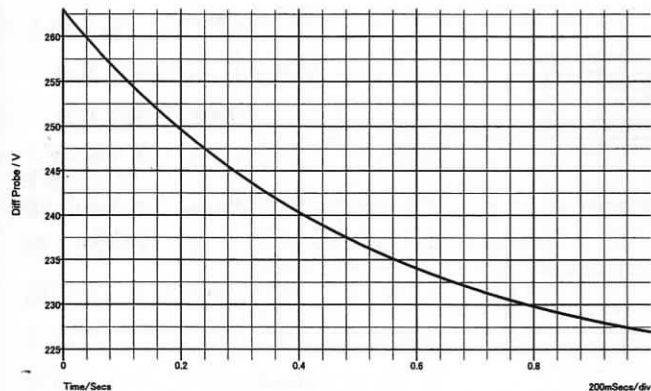
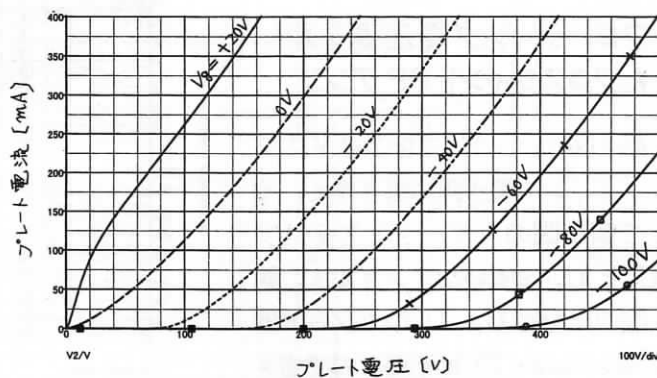
前回はクロスシャントPPアンプをシミュレーションしました．クロスシャントPP回路はエレガントですが，AB級で働かせると，大出力時にノッチングひずみを生じるという欠点があります．

たとえば，第1図のアンプに1kHz/2.3V(片ピーク振幅)のサイン波を入力した直後の出力波形はきれいなサイン波（第2図参照）ですが，1秒経過すると，出力波形にノッチングひずみ（第3図）が現われます．

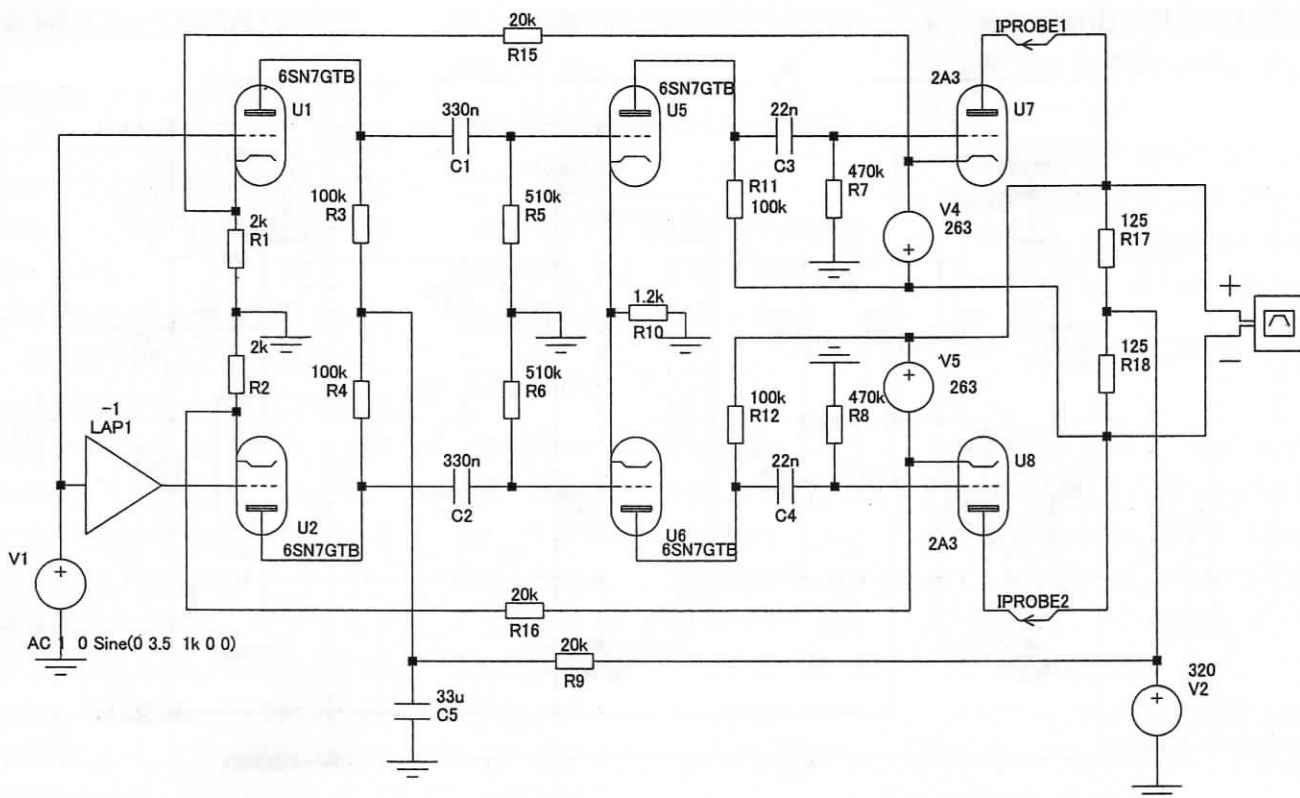
(1)　ノッチングひずみの原因

これは，大出力状態が続くと出力管のカソード・バイアス電圧が増加するためです．なお，第1図の2A3は直熱管なのでカソードはありませんが，実際には傍熱管6A3B，あるいは6A3を想定しています．

具体的にいいますと，入力信号がゼロのとき，出力管のプレート電圧は315.35V，カソード電圧は52.35Vです（第1図参照）．すなわち，C_6とC_7の各両端DC電圧は263Vです．

ところが，1kHz/2.3Vのサイン波が印加されると，時間の経過とともにC_6およびC_7の各両端DC電圧が第4図のように減少します．1秒経過後のDC電圧は227Vになります．C_6とC_7の各両端DC電

〈第1図〉島田聡氏によるクロスシャントPP OTLアンプ（本誌1952年11月号発表，前号 第17図）

〈第2図〉 1 kHz/2.3 V入力，50 mS後の出力波形

〈第3図〉 1秒後の出力波形．ノッチングひずみがある

〈第4図〉 C_6 470 μF両端の電圧（P-K間電圧）

〈第5図〉 2 A 3のE_b-I_b特性（Koren氏のモデル）

圧が減少するのは，AB級動作によって大出力時にC_6とC_7に流れる交流電流（プレート電流の交流変化分）が正負非対称になり，C_6およびC_7の信号サイクルおける放電電流の積分値が充電電流の積分値より大きくなるからです．

したがって，1秒経過後の出力管DCカソード電圧は〔315.35 V−227 V〕すなわち88.35 Vとなり，必然的にグリッド・バイアス電圧が−88.35 Vになります．**第5図**から明らかなように，このような深いバイアス電圧ではC級動作になってしまい，ノッチングひずみを生じ

〈第6図〉 クロスシャント・コンデンサを263 Vのフローティング電圧源に置き換えたアンプ

ます．

(2) ノッチングひずみを抑える対策

対策はいたって簡単です．C_6 および C_7 の各 DC 電圧を一定に保てばよいわけです．具体的にいいますと，C_6 および C_7 を DC 電圧源に置き換えます．つまり，C_6 と C_7 をフローティング DC 電圧源に置き換えれば万事 OK です．

フローティング電圧源を用いたクロスシャント PP アンプ

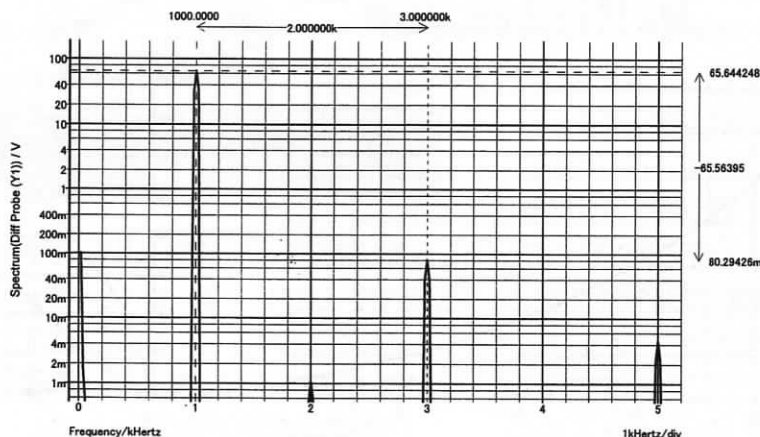
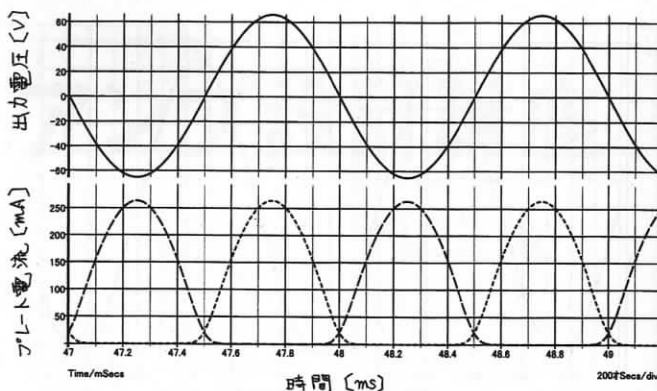
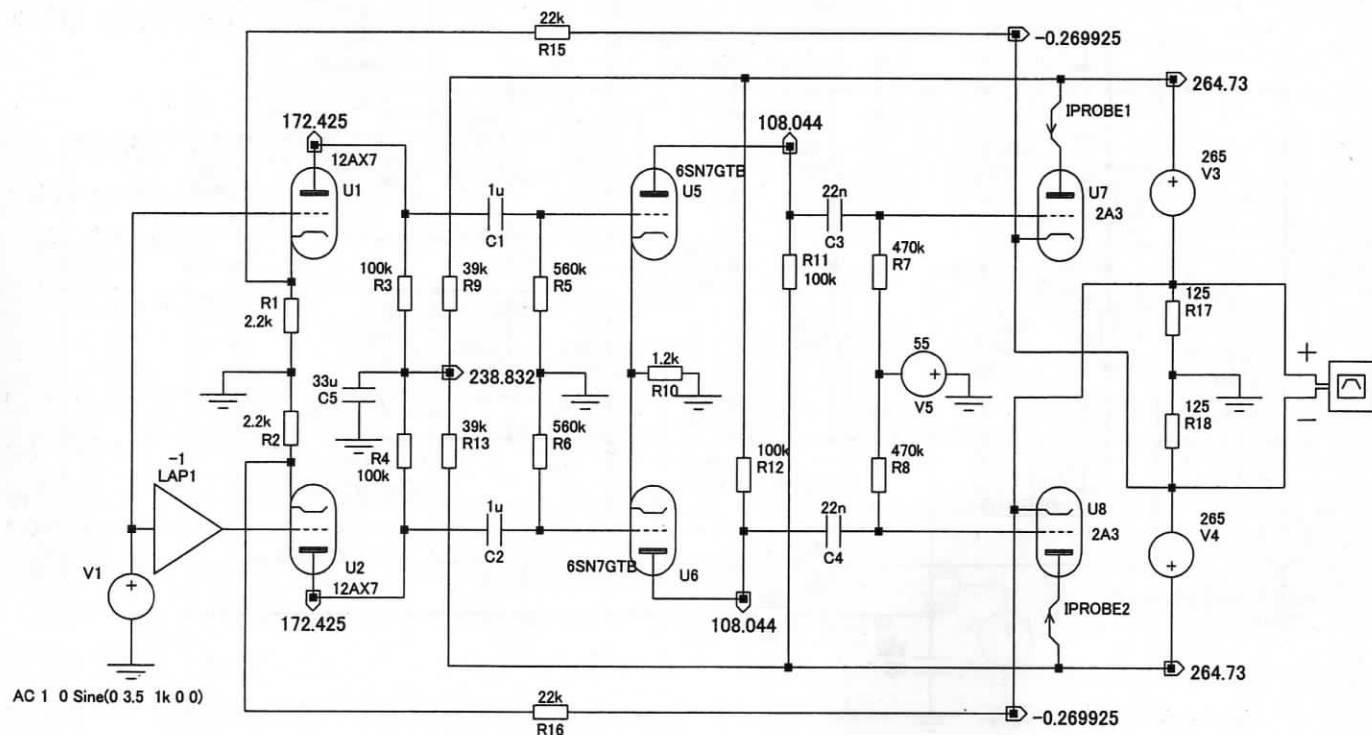
第6図は，C_6 と C_7 を 263 V のフローティング電圧源に置き換え，そして**第1図**のカソード・フォロワ (U_3 と U_4) を省いたアンプです．**第1図**の出力管 U_7，U_8 のカソード抵抗（1.5 kΩ×2）は不要なので省きました．

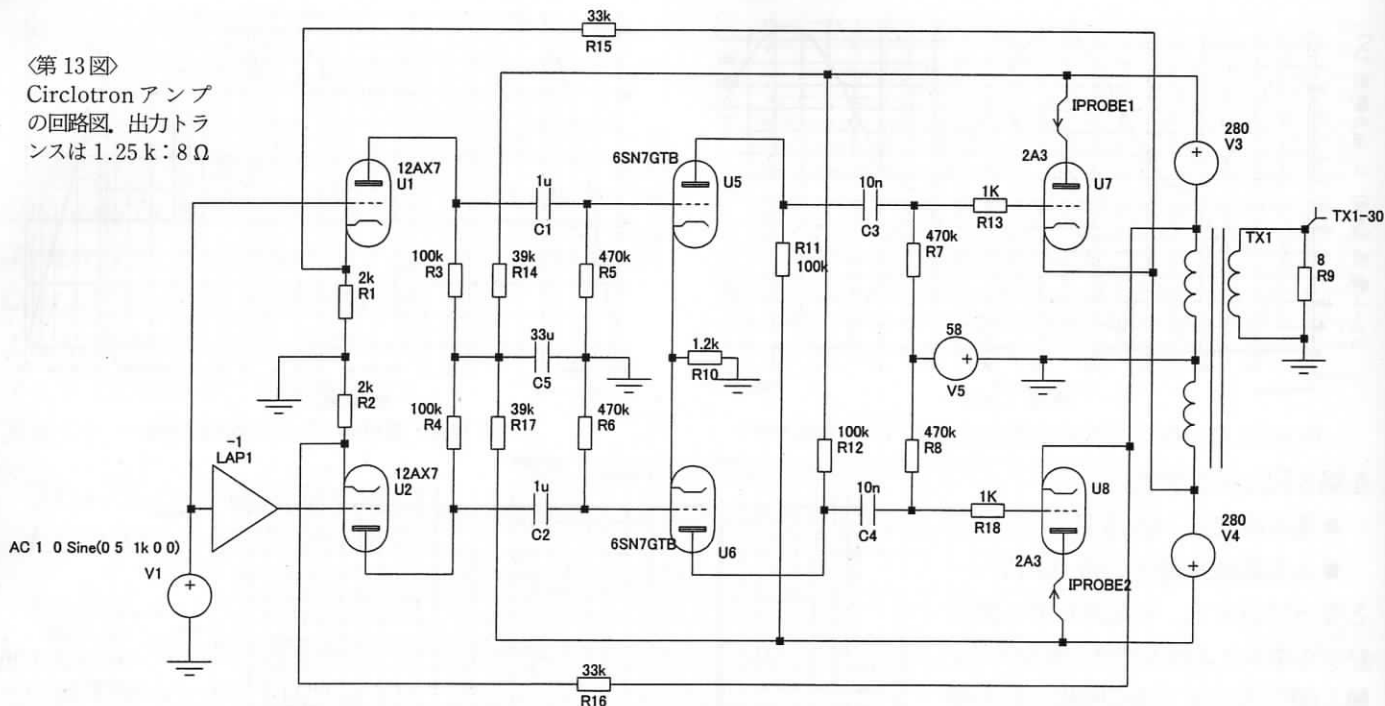
励振管 U_5 の B 電圧はフローティング電源 V_4 のプラス端子から供給しています．したがって，R_{11} は実質的に出力管 U_7 のカソードからブート・ストラップされます．同様に，励振管 U_6 の B 電圧はフローティング電源 V_5 のプラス端子から供給しています．

ブート・ストラップによって，励振管は低い B 電圧で出力管を十分にドライブできます．この手法はマッキントッシュ・アンプにも使われています（2005 年 5 月号参照）．

第6図のアンプに 1 kHz/3.5 V（片ピーク振幅）のサイン波を入力したときの出力波形と出力管のプレート電流波形を**第7図**に示します．B 級に近い AB 級動作ですが，ノッチングひずみはありません．

出力電圧波形のフーリエ解析結果

〈第7図〉第6図のアンプの出力電圧波形と出力管プレート電流波形

〈第8図〉第6図のアンプの出力波形のフーリエ解析結果

〈第9図〉負荷をカソードに接続した OTL アンプ

〈第13図〉
Circlotronアンプの回路図．出力トランスは1.25 k：8 Ω

(3)　**Circlotron回路の動作**

じつは**第13図**のアンプはエレクトロボイス社のCirclotron回路[1]（**第19図**）と呼ばれるものです．これは**第9図**のアンプの負荷抵抗（$R_{17}+R_{18}$）を中点タップつき出力トランスに置き換えたものです．

ここで，**第9図**の出力段はクロスシャントPPのキャパシタ（C_6とC_7）をフローティング電圧源に置き換えたものです．したがってCirclotron回路の交流動作はクロスシャントPPと同等です．

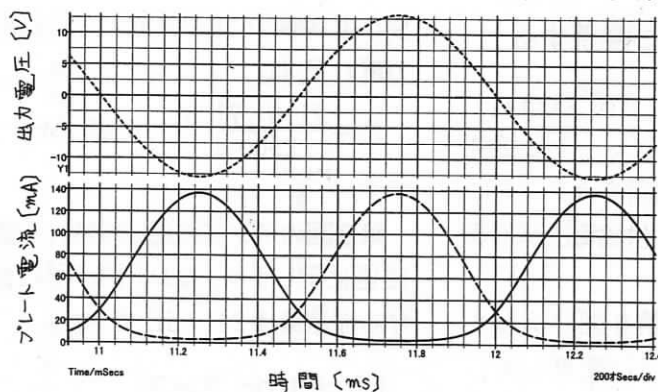
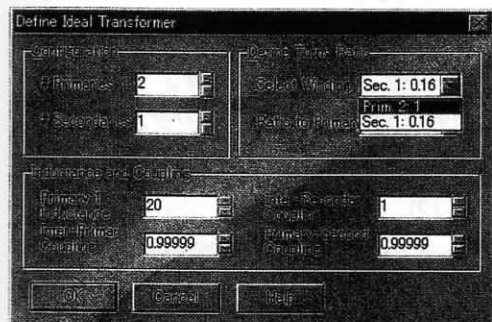
(4)　**Circlotron回路の特長**

Circlotron回路の特長はクロスシャントPPの特長と同じです．すなわち，

- 負荷インピーダンスは標準PPの1/4
- スイッチング・トランジェントひずみがない
- 出力電圧の50%が各出力管のカソードに電圧帰還されるので，出力インピーダンスが低く，かつ低ひずみ率
- 励振管のプレート負荷抵抗を出力管のカソードからブート・ストラップできる
- 出力管は5極管でも3極管でもOK

などの特長があります．

(5)　**Circlotron回路の歴史**[2]

Circlotron回路は，Electro-Voice社のAlpha. M. Wiggins氏が1954年3月1日に特許出願した回路です（U. S. Patent 2,828,369 **第20図**参照[3]）．**第20図**と前号第1図

〈第15図〉
第13図のアンプの出力電圧波形と出力管プレート電流波形

〈第14図〉出力トランスの設定

〈第16図〉
出力電圧のフーリエ解析結果